

(51)

Int. Cl.:

B 22 f. 3/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



(52)

Deutsche Kl.: 31 b3, 3/00

(10)

(11)

(21)

(22)

(43)

# Offenlegungsschrift 1936 592

Aktenzeichen: P 19 36 592.5

Anmeldetag: 18. Juli 1969

Offenlegungstag: 22. Januar 1970

Ausstellungspriorität: —

(30)

Unionspriorität

(32)

Datum: 19. Juli 1968

(33)

Land: V. St. v. Amerika

(31)

Aktenzeichen: 746055

(54)

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung eines Körpers aus schweißbarem Material

(61)

Zusatz zu: —

(62)

Ausscheidung aus: —

(71)

Anmelder: Parker, John C., Bloomfield Hills, Mich. (V. St. A.)

Vertreter: Tetzner, Dr.-Ing. Dr. jur. Volkmär, Patentanwalt, 8000 München

(72)

Als Erfinder benannt: Erfinder ist der Anmelder

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

BEST AVAILABLE COPY

ORIGINAL INSPECTED

G 1.70 909 884/1334

9/80

Fr 1334

John C. Parker, Michigan / U.S.A.  
=====

Verfahren zur Herstellung eines Körpers aus schweiß-  
barem Material

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbindung von Partikeln zu einer integrierten Masse von beeinflussbarer Form.

Es ist bekannt, Metallpartikel verschiedener Zusammensetzungen, Größen und Formen zu einer integrierten Masse von gewünschter Form durch mechanisches Verdichten der Partikel, mit oder ohne Zusätzen, wie zum Beispiel Schmierflüssigkeit zur Steigerung der Verdichtung oder Bindemittel zur Erhaltung der Form, zu einem Rohpreßling zu sintern. Der Rohpreßling wird dann auf Temperaturen erhitzt, die allgemein in einem Bereich von  $2/3$  bis  $4/5$  des absoluten Schmelzpunktes des Metalles liegen, so daß die Partikel zu einer integrierten Masse verbunden werden.

Diese Sinterprozesse können ohne eine Flüssigkeitsphase ausgeführt werden, insbesondere dann, wenn alle Partikel aus Materialien mit gleichen Schmelztemperaturen sind; oder sie können mit vorhandener Flüssigkeitsphase durchgeführt werden, wenn beispielsweise ein Material einer Partikelmischung im Verhältnis zu den anderen Materialien eine niedrige Schmelztemperatur besitzt. Es wur-

909884/1334

BAD ORIGINAL

den verschiedene Verfahren zur Erhitzung des Rohpreßlings angewandt, einschließlich der Widerstandserwärmung, wobei Gleich- oder Wechselstrom durch den Preßling geleitet wird, damit seine Temperatur bis zum Sinterbereich ansteigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zur Verbindung von Partikeln mit anderen Körpern zu verbessern; insbesondere die Arbeitsverfahren und die Vorrichtung zu vereinfachen, die zur Verbindung der Partikel benötigt werden.

Eine andere Aufgabe ist es, die Qualität der Produkte zu verbessern, die aus den miteinander verbundenen Partikelkörpern gebildet werden.

Schließlich ist es Aufgabe der Erfindung, eine große Gruppe von in feinverteilter Form befindlichen Materialien zu verbinden, ohne diese Materialien Sintertemperaturen auszusetzen.

Die Erfindung besteht im wesentlichen darin, daß zunächst Partikel schweißbaren Materials angehäuft werden, daß dann auf einen Bereich dieser angehäuften Partikel eine Druckkraft ausgeübt wird und daß dieser zusammengedrückten Partikelmasse ein elektrischer Energieimpuls kurzer Zeitdauer zugeführt wird. Energieimpulse kurzer Dauer (es werden entweder einzelne Impulse oder wenige aufeinanderfolgende Impulse kurz zugeführt, beispielsweise ein einzelner Impuls von einer Millisekunde Dauer) werden benutzt, um die Partikel miteinander oder mit Folien, Membranen oder Fäden aus schweißbarem Material zu verbinden.

Weitere Einzelheiten der Erfindung gehen aus der

909884/1334

BAD ORIGINAL

folgenden Beschreibung einiger in der Zeichnung veranschaulichter Ausführungsbeispiele hervor. Es zeigen

Fig. 1 ein Fließbild des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 3a und 3b Kurven von typischen Einzel- und Doppelimpulsprogrammen mit Druck und elektrischem Steuersignal sowie angewandten Druckimpulsen in Abhängigkeit von der Zeit;

Fig. 4 bis 6 Mikrophotographien von Querschnitten von typischen integrierten Körpern, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt sind.

Wie in Figur 1 veranschaulicht, betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Verbindung fein verteilter Partikel schweißbaren Materials zu einem einstückigen Körper, dessen Dichte von den Drücken abhängt, die während der Verbindung angewandt werden. Der Prozeß benutzt die gleichzeitige Anwendung von einem oder mehreren elektrischen Impulsen hoher Energie synchron mit Druckimpulsen bei einem aus fein verteilten Partikeln bestehenden Körper 11, der zwischen zwei oder mehr Druckstempeln 12 und 13 gehalten wird, durch die Druck ausgeübt und - wie in diesem Beispiel - elektrische Energie zugeführt wird. Die durch Reduktion von Oxyden, Elektrolyse, Atomisierung oder mechanische Pulverisierung hergestellten Partikel können einen weiten Größenbereich ab 0,5 Mikron Durchmesser aufweisen und von gleichförmiger Größe sein, sie können gemischte Größe aufweisen oder nach ihrer Größe geschichtet sein.

909884/1334

BAD ORIGINAL

Die Veränderungen in den Parametern bestimmen in einem gewissen Bereich die physikalischen Eigenschaften, insbesondere die Dichte des endgültigen einstückigen Körpers. Kristallpartikel von eckiger oder Flockenform können ebenfalls miteinander verbunden oder mit pulverförmigen Partikeln vermischt und verbunden werden. Auch Blätter, Stäbe, Fasern und Fäden können mit pulver- oder kristallförmigen Partikeln verbunden werden, und zwar sowohl innerhalb der aus den Partikeln entwickelten Grundmasse (Matrix-Gefüge) als auch als Schicht auf dieser Grundmasse. Die Anordnung in Figur 2\* enthält eine obere und untere äußere Schicht 14 und 15, die auf die äußeren Flächen der Partikelmasse aufgebracht werden.

Wie beim Schweißen können Metallmischungen durch dieses Verfahren verbunden werden und nicht-metallische, schweißbare Materialien können miteinander und mit Metallen verbunden werden. Werden Fasern oder Drähte in der Grundmasse eingeschlossen, so können diese vorgespannt und so geordnet werden, daß sie eine optimale Festigkeit für das endgültige Produkt entwickeln. Eine Partikelmasse kann auf einem Druckstempel angehäuft werden, wobei keine andere äußere Kraft ausgeübt wird außer den Vektorkräften innerhalb der Partikelordnung des Materials oder den durch die Form des Stempels entwickelten Kräften. Es wird jedoch ein Arbeitsverfahren bevorzugt, bei dem ein seitlicher Zwang von einem Formteil oder einem Hohlraum wie dem Spaltring 16 vorgesehen wird, in die wenigstens ein Elektrodenstempel für eine Relativbewegung entlang der Druckachse dicht hineinpaßt. Ein Führungskörper 17 hält den Ring 16 in seiner Lage und nimmt den Stempel 13 bei der hin- und hergehenden Bewegung auf.

Die Druckstempel 12 und 13 in Figur 2 sind auch die

909884/1334

BAD ORIGINAL

Elektroden, die die elektrischen Impulse an die Partikelmasse 11 weiterleiten. Ein elektrischer Nebenschluß zur Masse 11 für die Impulse wird durch Isolieren des Ringes 16 vermieden, etwa dadurch, daß er aus einem Isolationsmaterial, wie Teflon hergestellt wird.

Der einen Zwang ausübende Formteil oder Hohlraum wird vorteilhaft entlüftet, wodurch ein sich beim Verbindungsvorgang bildendes Gas entweichen kann. Solche Gase können seitlich durch den nicht dargestellten Spalt des Ringes 16 abgezogen werden, wobei nur ein geringer oder überhaupt kein Partikelstrom in den Ventilator gelangt.

Der obere Druckstempel 12 ist in der dargestellten Ausführungsform fest angeordnet. Der untere Druckstempel ist durch einen nicht gezeigten Kolben und Zylinder entlang einem Weg zum oberen Stempel hin bewegbar, wobei der Kolben und der Zylinder eine Verriegelungseinrichtung aufweisen, um das anfänglich zusammengedrückte Werkstück festzuhalten. Der Kraftmechanismus 18 schließt ebenfalls einen auf den unteren Stempel wirkenden Druckumformer ein, der sich der Anfangskraft überlagert. Diese zweite angewandte Kraft kann derart sein, daß der Partikelkörper zusammengedrückt wird, wodurch er vor der Anwendung von pulsierender elektromagnetischer Energie verbunden wird. Diese zweite Kraft kann ferner in einer Einrichtung der Art erzeugt werden, wie sie in der US-PS 3.059.094 beschrieben ist. Wenn die elektrische Energie die Druckstempel 12 und 13 impulsweise durchsetzt hat, wird ein Druckimpuls durch den Druckumformer des Kraftmechanismus 18 der genannten US-PS ausgeübt.

In der Praxis wurden pneumatisch entwickelte Drücke von etwa  $210 \text{ kg/cm}^2$  angewandt. Der Druck muß jedoch nicht

909884/1334

BAD ORIGINAL

in diesem Bereich liegen, sondern ist in einem weiten Bereich veränderbar. Die darauf vom Druckumformer überlagerten Drücke können einen Scheitelwert von etwa  $1.400 \text{ kg/cm}^2$  besitzen, wobei er eine Wellenform enthält, wie sie bei A in den Kurven der Figur 3 veranschaulicht ist. Der wirklich auf den Körper ausgeübte, verdichtende Druck wird jedoch - wie angenommen wird - erheblich niedriger sein als die Summe dieser Drücke, da der elektrische Energieimpuls in den Elektrodenstempeln 12 und 13 zwischen diesen eine abstoßende Kraft von unbestimmtem Wert entwickelt. Die Partikel können sich selbst unter dem Einfluß der elektrischen, magnetischen und/oder elektromagnetischen Felder in der Partikelmasse umlenken, wodurch sie sich dichter aneinanderlegen und sich schließlich zu einer einheitlichen Masse verbinden. Es können thermische und chemische Veränderungen auftreten, wie zum Beispiel durch den Bruch der Oberflächenschicht auf den Partikeln; die Produkte eines solchen Bruches können dabei ausgestoßen werden. Es wird daher angenommen, daß die maximalen, auf die Partikel ausgeübten Drücke wesentlich kleiner sind als die durch den Druckumformer erzeugten Scheitelwerte, da in dem Verfahren ein Übergewicht des Druckes, wie er sich gegenüber einer relativ unnachgiebigen Meßeinrichtung entwickelt hat, angewandt wird, um die abstoßende Kraft zu überwinden und das Schrumpfen der bearbeiteten Masse zu berücksichtigen.

Figur 3 veranschaulicht die Wellenform einer verwendeten elektrischen Steuerspannung. Sie wurde in der Sekundärwicklung 19 eines Schweißtransformators 21 und mit einer Primärwicklung 22 entwickelt. Letztere ist durch einen elektronischen Schalter 24 mit einer Spannungsquelle 23 verbunden, wobei der Schalter 24 in zeitlicher Relation zum Druck vom Druckumformer des Kraftmechanismus 18 durch ein Prozeß-Steuergerät 25 gesteuert wird. Ausge-

909884/1334

BAD ORIGINAL

zeichnete Verbindungen wurden mit Einzelimpulsen von etwa  $2.000 \text{ Joule/cm}^3$  des zu verbindenden Materials hergestellt, die in Intervallen von 1.000 Mikrosekunden angewandt wurden.

Aus Figur 3 ist zu ersehen, daß das Eingangs-Stufensignal, das vom Leistungsschalter (Kraftschalter oder -ventil) 26 zum Impuls-Umformer des Kraftmechanismus 18 zugeführt wird, etwa  $90^\circ$  gegenüber dem Verbindungs-Impuls voreilt, der vom elektronischen Schalter 24 dem Verbindungs- bzw. Schweißtransformator 21 zugeführt wird und für etwa  $120^\circ$  oder etwa 5,5 Millisekunden bestehen bleibt. Hierdurch ergibt sich eine Druckwellenform, deren Scheitelpunkt bei etwa  $135^\circ$  nach der Einleitung des Drucksignals liegt; das Prozeß-Steuergerät 25 regelt die Zeit des Verbindungs-Leistungsschalters, so daß die Kraft als eine Stufenfunktion etwa  $90^\circ$  oder 4,1 Millisekunden nach Einleitung der Druckkraft weitergeleitet wird. Diese Kraft wird etwa 1.000 Mikrosekunden aufrechterhalten.

Es wurde die Theorie aufgestellt, daß bei dem Verbindungs-Mechanismus elektrostatische oder elektromagnetische Kräfte eine Rolle spielen, die auf die bzw. längs der Partikelzwischenflächen in ausreichender Größenordnung wirken, so daß sie eine Diffusion der Atome bewirken, wodurch atomare Verbindungen auf den bzw. längs der Zwischenflächen als eine Feststoffbindung hergestellt werden. Der Energieimpuls ist also von einer derart kurzen Dauer, daß ein unerwünschtes Schmelzen der zusammengesetzten Struktur vermieden wird und kein bedeutender Temperaturanstieg in der integrierten Masse beobachtet wird. Es wird vorgeschlagen, die angewandte Energie auf der Partikeloberflächen zu konzentrieren, da die innere Struktur der Partikel einen niedrigen elektrischen Widerstand, verglichen mit dem Widerstand an den bzw. längs der Zwischenflächen auf-

909884/1334

BAD ORIGINAL



weist.

Die Energie kann - wie in Figur 3 dargestellt - die Form eines einzelnen Impulses oder einer Mehrzahl von Impulse aufweisen, die eine einzige Polarität oder eine abwechselnde Polarität besitzen können. Wenn ferner die Druckimpulse so dicht sind, daß das induzierte magnetische Feld zwischen den Impulsen nicht verschwindet, kann sich ein Aufbau von Kräften ergeben, wenn eine Mehrfach-Impulsgabe erfolgt. Es kann daher ein gewisser Zeitabstand zwischen den verschiedenen Impulsen vorgesehen werden, damit gleichmäßige Druckbeanspruchungen gewährleistet werden.

Die Form an der Elektrode bestimmt die Energieverteilung in dem Körper der zu verbindenden Partikel. Ist daher Energie auf eine kreisrunde Scheibe zuzuführen, deren Umfangsbereich dicker ist als deren Mitte, so wird die Elektrodenstruktur im Umfangsbereich massiver sein als im mittleren Bereich. In einem solchen Fall ist die Elektrode konkav, damit sie mit der endgültigen Form des zu verbindenden Teiles übereinstimmt; die verdünnte Zone ist mit einem nicht-leitenden Material hinterlegt, das die erforderliche Auflage für die Anwendung von Druckkräften ergibt, während sie die Stromdichte in dem Bereich verringert. Änderungen im spezifischen Widerstand der angesammelten Partikel, infolge von Veränderungen in der Körperform oder der Partikel eines Bereiches des Körpers, können bei der Verbindung dadurch berücksichtigt werden, daß an der Berührungsfläche zwischen Elektrode und Partikelmasse Stromdichten angewandt werden, die in umgekehrtem Verhältnis zum spezifischen Widerstand der darunterliegenden Materialmasse stehen. In einem Druckstempel kann eine Reihe von Riffeln angewendet werden, um größere Druckkräfte in dem mit den Riffeln zusammentreffenden Partikelkörper her-

909884 / 1334

BAD ORIGINAL

vorzurufen, wodurch die Zone des größten Druckes mit der größten Dichte verbunden wird, während die Zone des kleinsten Druckes dazu neigt, poröse innere Passagen und Kanäle zu bilden.

Ein verbundener Körper mit den Charakteristiken eines thermisch gesinterten Körpers aus reinem Eisen wurde aus reinem elektrolytischen Eisenpulver hergestellt. Das Pulver wurde in einem gespaltenen Teflonring 16 angeordnet und zwischen parallelen, planaren Oberflächen von einheitlichen Elektroden-Stempeln aus elektrolytischem Kupfer zusammengedrückt. Die pneumatische Hebevorrichtung vom-Kraftmechanismus 18 wurde betätigt, so daß der untere Elektrodenstempel angehoben wurde und etwa  $210 \text{ kg/cm}^2$  auf den Pulverkörper wirken. Verbindung wurde zu der in Figur 4 dargestellten Form durch die Anwendung von etwa  $2.000 \text{ Joule/cm}^3$  in einem Einzelimpuls von 1.000 Mikrosekunden vervollständigt; der Druckschalter wurde 4,2 Millisekunden vor der Anwendung von elektrischer Energie an- und etwa 0,5 Millisekunden vor Beendigung dieser Energieanwendung ausgeschaltet.

Die Mikrophotographie der Figur 4 zeigt ein poliertes Musterstück in vierhundertfacher Vergrößerung. Man kann erkennen, daß gleichmäßig über dem Körper verteilt Verbindungen hergestellt sind, während die Pulverpartikel ihre Identität beibehalten. Die Musterstücke, von denen die Mikrophotographie gemacht wurde, waren Pellets von 6,35 mm Durchmesser und ungefähr 1,6 mm Dicke.

Figur 5 ist eine Mikrophotographie eines Musterstückes von elektrolytischem Eisenpulver, das mit einer Folie 27 aus Stahl verbunden ist. Es zeigt die Verbindung zwischen der Folie und der integrierten Masse des verbundenen Pulvers 28 als eine einheitliche Struktur. Membranen oder Folien, beispielsweise aus Titan oder Stahl, in La-

909084/1334

BAD ORIGINAL

minatform oder als äußere Haut, können in den nach diesem Verfahren herstellbaren Körper geformt werden.

Figur 6 ist eine Mikrophotographie eines Musterstückes aus elektrolytischem Eisenpulver, in das Glasfasern 29 eingebettet sind. Durch eine zwischen der Grundmasse 31 des verbundenen Pulvers und den Fasern hergestellte feste mechanische Verbindung wirken die Fasern als Verstärkung. Titanpulver kann durch das erfindungsgemäße Verfahren in einer Masse mit Borfäden als Verstärkung verbunden werden; es wird eine Verbindung zwischen der Grundmasse und den Fäden erzielt.

Andere Ausführungsarten des Produktes dieses Verfahrens sind eine Grundmasse von verbundenen, schweißbaren Partikeln, in die ein Geflecht oder Gewebe aus Draht oder Glas eingebettet ist; oder feste Gebilde, wie zum Beispiel ummantelte Stangen, Griffe, Stützen und Einsatzstücke; oder metallisierte Keramik- oder Oxydpartikel. Außerdem können Kombinationen von Häuten und inneren Schichten mit den verbundenen Partikeln der Grundmasse hergestellt werden.

Veränderungen des Verfahrens zur Bildung von Körpern aus Partikelmassen, die einen korrelierten Druck und elektrische Impulse von hoher Energie und kurzer Dauer benutzen, umfassen die Anwendung des Verfahrens in speziellen Umgebungen, wie zum Beispiel in einem Vakuum oder in einer inerten, reduzierenden, aufkühlenden oder entkohlenden Atmosphäre.

Um erweiterte Körperformen herzustellen, kann der Prozeß bei Aufnahme des Materials in einem gleichmäßigen Vorwärt durchgeführt werden, bei dem die Verbindung

909884/1334

BAD ORIGINAL

zu vorher verbundenen Körperteilen während der Verbindung der Partikel ausgeführt wird.

Die erläuterten Beispiele des Verfahrens haben nicht die Veränderungen veranschaulicht, die für unregelmäßig geformte Produkte im Detail notwendig sind. Es versteht sich, daß eine Vielzahl von Druckstempel angewendet werden kann, um die Verdichtung zu verändern, die auf die verschiedenen Teile des verbundenen Körpers ausgeübt wird, und daß diese Drücke entlang Achsen gerichtet sein können, die parallel oder winklig zueinander liegen. Weiterhin können einer oder mehrere der Druckstempel von der angewandten elektrischen Energie isoliert sein oder die Elektroden zur Anwendung der Energie können getrennt von allen Stempeln angeordnet sein, so daß die Strombahnen nicht parallel zu der Achse zu liegen brauchen, entlang der der Druck aufgewandt wird. Es wurde eine Kombination veranschaulicht, bei der dem pneumatischen Druck ein von einem Druckumformer erzeugter Druck folgte. Ebenso können andere Druckquellen verwendet werden, wenn ihre Druckimpulse mit den elektrischen Impulsen während der Verbindung synchronisiert werden können, beispielsweise können hydraulische Erreger oder Explosionsvorrichtungen als Kraftmechanismus 18 verwendet werden.

909884/1334

BAD ORIGINAL

Patentansprüche

- 1.) Verfahren zur Herstellung eines Körpers aus schweißbarem Material, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst Partikel schweißbaren Materials angehäuft werden, daß dann auf einen Bereich dieser angehäuften Partikel eine Druckkraft ausgeübt wird und daß dieser zusammengedrückten Partikelmasse ein elektrischer Energieimpuls kurzer Zeitdauer zugeführt wird.
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Formgebung des Körpers die angehäuften Partikel während der Ausübung von Druckkraft und Anwendung der elektrischen Energie in einer vorgegebenen Form gehalten werden.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitdauer des Impulses in der Größenordnung von einer Millisekunde liegt.
- 4.) Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Impuls in der Größenordnung von 1.830 Joule/cm<sup>3</sup> des Körpervolumens liegt.
- 5.) Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Energie als Einzelimpuls zugeführt wird.
- 6.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckkraft ihren Scheitelwert innerhalb einer Millisekunde nach dem Scheitelwert des elektrischen Energieimpulses erreicht.

90988471334

BAD ORIGINAL

- 7.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine gemeinsame Elektrode zur Ausübung der Druckkraft und der elektrischen Energie auf die angehäuften Partikel vorgesehen ist.
- 8.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine schweißbare Materialbahn in Berührung mit den angehäuften Partikeln gehalten wird, wodurch die Materialbahn mit der vereinigten Partikelmasse verbunden wird.
- 9.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Körpers aus angehäuften Partikeln eine Fadenstruktur vorgesehen wird und dadurch in diese verbundene Partikelmasse eingebettet wird.
- 10.) Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Fadenstruktur aus einem mit dem Material der Partikel verschweißbaren Material besteht und dadurch in eine Grundmasse der vereinigten Partikel eingebunden wird.
- 11.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die Stromdichte der elektrischen Energie, die längs der Oberflächenzone der angehäuften Partikel als Funktion des spezifischen Widerstandes der angehäuften Partikel verteilt ist, in Übereinstimmung mit diesen Oberflächenzonen steuert.
- 12.) Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die genannte Funktion in einem umgekehrten Verhältnis besteht.

909884/1334

BAD ORIGINAL

- 13.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf eine vorbestimmte Oberflächenzone der der Druckkraft ausgesetzten angehäuften Partikel eine größere Druckkraft ausgeübt wird als auf andere der Druckkraft ausgesetzte Zonen, wodurch die verbundene Masse in Übereinstimmung mit der vorbestimmten Oberflächenzone entlang der Druckkraftachse eine größere Dichte besitzt als die verbundene Masse in Übereinstimmung mit den anderen Zonen entlang der Druckkraftachse.

909884/1334

BAD ORIGINAL

FIG. 4

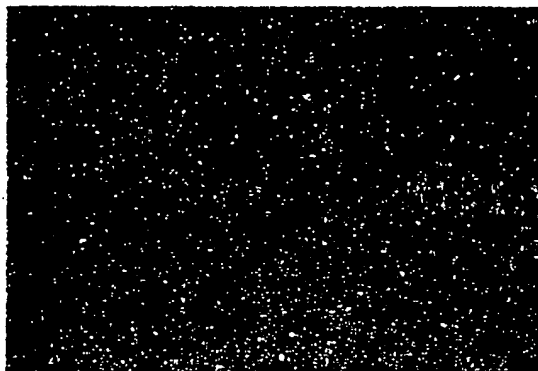


FIG. 5

*Zwischenfläche*



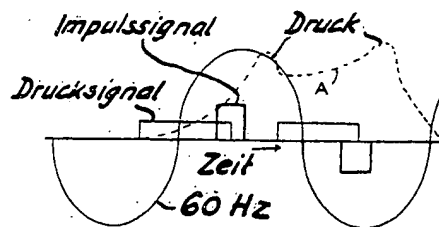
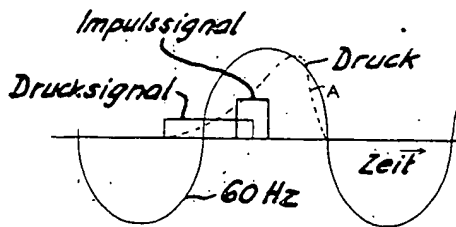
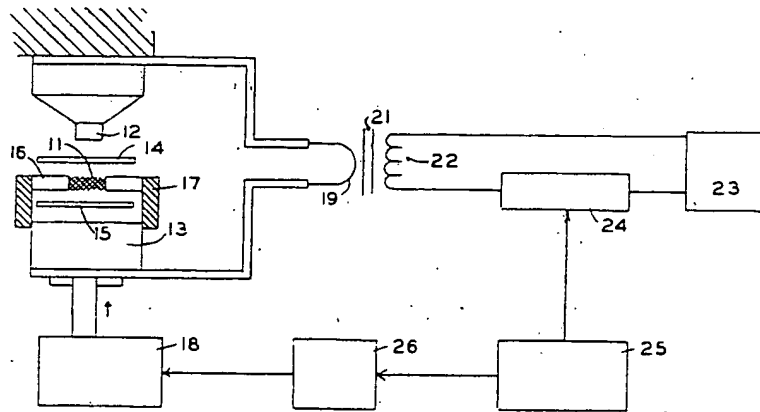
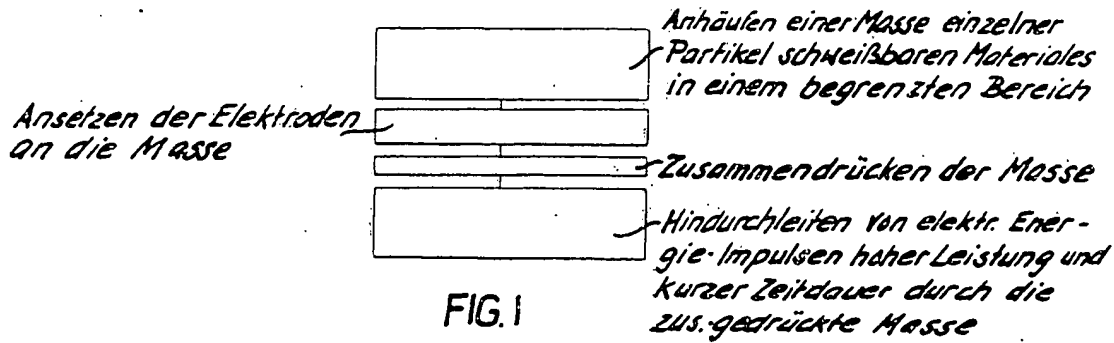
FIG. 6



909884/1004



- 17 -



909884/1334

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**